

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**  
**ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY**

**FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE**

# **ŘÍZENÍ KROKOVÝCH MOTORŮ** **PROGRAMOVATELNÝM AUTOMATEM**

STEPPER MOTORS CONTROL BY PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**PETR DVOŘÁČEK**

**VEDOUcí PRÁCE**  
SUPERVISOR

**ING. TOMÁŠ MARADA, PH.D.**

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Dvořáček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Řízení krokových motorů programovatelným automatem**

v anglickém jazyce:

### **Stepper motors control by programmable logic controller**

Stručná charakteristika problematiky úkolu: Cílem práce je vytvoření laboratorních úloh které budou demonstrovat funkci a použití krokových motorů při řízení z programovatelného automatu Siemens Simatic S7-200. Student zrealizuje modul pro připojení krokového motoru k programovatelnému automatu a vytvoří ukázkové laboratorní úlohy.

Cíle bakalářské práce:

1. Seznamte se s funkcí krokových motorů.
2. Seznamte se s programovatelnými automaty Simatic S7-200.
3. Navrhněte a realizujte elektroniku pro připojení krokových motorů k PLC.
4. Vytvořte ukázkové laboratorní úlohy demonstrující řízení krokových motorů z PLC. Tyto úlohy důkladně popište.

Seznam odborné literatury:

- [1] Šmejkal, L., Martinásková, M., PLC a automatizace, Praha: BEN, 1999.
- [2] Firemní materiály o programovatelných automatech fy Siemens S7-200.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Marada, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 12.11.2008

L.S.

---

doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## LICENČNÍ SMLOUVA

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce pojednává o programovatelných automatech a krokových motorech. Cílem je seznámit se s nimi, navrhnout a vyrobit modul pro řízení krokových motorů pomocí PLC a následně vytvořit vzorové úlohy pro podporu výuky.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with programmable logic controller and stepper motors. The target of the work is acquaint with them and to design and produce a control module to stepper motors by means of PLC and consequently creating sample cases for further educational support.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

PLC, řízení, krokový motor.

## **KEYWORDS**

PLC, control, stepper motor.

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych chtěl poděkovat Ing. Tomášovi Maradovi, Ph.D. za podporu a důležité připomínky při zpracování mé bakalářské práce.

**Obsah:**

	<b>Zadání závěrečné práce.....</b>	<b>3</b>
	<b>Licenční smlouva.....</b>	<b>5</b>
	<b>Abstrakt.....</b>	<b>7</b>
	<b>Poděkování.....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>Úvod.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Krokové motory.....</b>	<b>15</b>
2.1	Způsoby řízení krokových motorů.....	15
2.1.1	Unipolární řízení jednofázové.....	16
2.1.2	Unipolární řízení dvoufázové.....	16
2.1.3	Bipolární řízení jednofázové.....	17
2.1.4	Bipolární řízení dvoufázové.....	17
2.1.5	Řízení s plným, polovičním krokem.....	18
<b>3</b>	<b>Programovatelné automaty.....</b>	<b>19</b>
3.1	Dělení programovatelných automatů.....	19
3.1.1	Kompaktní PLC.....	19
3.1.2	Modulární PLC.....	20
3.2	Programovatelný automat Siemens Simatic S7-200 CPU224XP.....	20
3.2.1	Popis.....	20
3.2.2	Vykonávání řídicího programu.....	21
3.2.3	Vysokorychlostní pulzní výstupy.....	22
3.3	Programovací prostředí.....	22
3.3.1	Vlastnosti STL editoru.....	22
3.3.2	Tabulka symbolů.....	22
3.3.3	Instrukce časovače.....	23
3.3.4	Konfigurace vysokorychlostního výstupu pomocí průvodce polohováním.....	24
<b>4</b>	<b>Modul pro řízení krokových motorů.....</b>	<b>29</b>
4.1	Popis.....	29
4.1.1	Integrovaný obvod SLA 7062M.....	30
4.1.2	Stabilizátor napětí.....	31
4.1.3	Odporový dělič napětí.....	31
<b>5</b>	<b>Ukázkové úlohy.....</b>	<b>33</b>
5.1	Pohon supportu soustruhu 1.....	33
5.1.1	Zadání.....	33
5.1.2	Popis funkce.....	33
5.1.3	Řešení.....	34
5.2	Pohon supportu soustruhu 2.....	35
5.2.1	Zadání.....	35
5.2.2	Popis funkce.....	36
5.2.3	Řešení.....	36
5.3	Pohon supportu soustruhu 3.....	37
5.3.1	Zadání.....	37
5.3.2	Popis funkce.....	38
5.3.3	Řešení.....	39
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>41</b>
	<b>Seznam použité literatury.....</b>	<b>43</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>45</b>

# 1 ÚVOD

V dnešní době automatizace mají krokové motory a programovatelné automaty velký význam. Jejich užití nachází uplatnění v různých odvětvích, proto je dobré studenty názorně seznámit s jejich funkcí a možnostmi praktického použití. Hlavní předností je rychlá realizace. Uživatel si navrhne systém a podle toho nakoupí jednotlivé komponenty. Pak pouze musí provést kompletaci, naprogramovat software, odladit a vše je připraveno k použití. Nespornou výhodou je funkční odolnost a vlastní diagnostika. PLC jsou vyráběny tak, aby odolávaly hrubým průmyslovým podmínkám a nepodléhaly různým nežádoucím vlivům.

Ve této bakalářské práci se zabývám možnostmi spojení programovatelného automatu Simatic S7-200 firmy Siemens s krokovými motory a jeho využití v praxi. Cílem práce je vytvořit ukázkové laboratorní úlohy. Vzhledem k pořizovacím nákladům a ukázkovému charakteru této práce je použito starších krokových motorů získaných z rozebraných jehličkových tiskáren. Z tohoto důvodu je použitelnost těchto krokových motorů omezena.

Pro připojení je nutné navrhnout a realizovat vhodnou elektroniku. Jako výchozí bude použito běžně dostupného integrovaného obvodu SLA 7062M od Firmy Allegro navrženého speciálně pro řízení krokových motorů.



## 2 KROKOVÉ MOTORY

Krokový motor je impulzně napájený motor, jehož pohyb není spojitý, ale po jednotlivých krocích. Používá se tam, kde potřebujeme přesně nastavit polohu a případně v ní setrvat i přes působení vnějších sil. Mezi jejich hlavní nevýhody patří stálý odběr elektrické energie i v případě, že se rotor neotáčí. Další jejich zápornou vlastností je poměr výkonu a hmotnosti motoru. Základní princip funkce spočívá v průchodu proudu cívkou statoru, čímž vznikne magnetické pole, které přitáhne opačný pól rotoru. Těchto cívek je ve statoru několik a jejich vhodným zapojením dosáhneme rotujícího magnetického pole, které točí rotorem. Rychlost otáčení je omezena kvůli přechodovým magnetickým jevům. Docházelo by k takzvanému ztracení kroku. Tuto ztrátu může také způsobit nadměrná zátěž krouťacího momentu. Podle způsobu spínání jednotlivých cívek vinutí se řízení krokových motorů dělí do několika kategorií.

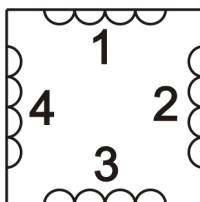
Krokový motor se skládá ze dvou základních částí - rotoru a statoru (obr. 1). Rotor tvoří hřídel s prstencem permanentních magnetů. Počet magnetů udává počet kroků na jednu otáčku. Celý rotor je uložen ve valivých kuličkových ložiskách. Stator je tvořen cívkami. Pólové nástavce statoru mají vroubky se stejnou roztečí jako magnety na rotoru. Tím je zvýšena přesnost motoru při zachování stejného počtu cívek.



*Obr. 1 Stator a rotor krokového motoru [3]*

### 2.1 Způsoby řízení krokových motorů

Existuje několik metod řízení krokových motorů. Pro názornost vysvětlení budeme uvažovat motor se čtyřmi kroky na otáčku. Rozložení jednotlivých cívek je dle obr. 2.

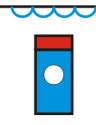
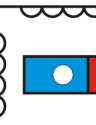
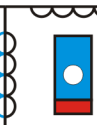
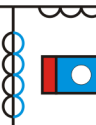


*Obr. 2 Rozložení cívek*

Cívka, kterou prochází proud, je v obrázku nakreslena modře / červeně. V opačném případě je znázorněna černou barvou. Tomu odpovídá také značení v tabulce 1 / 0

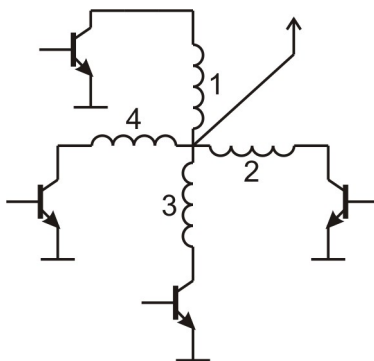
### 2.1.1 Unipolární řízení jednofázové

Při unipolárním jednofázovém řízení prochází proud v daný okamžik vždy pouze jednou cívkou statoru. Motor má sice malou spotřebu elektrické energie, ale poskytuje nejmenší kroutící moment.

				
Cívka 1	1	0	0	0
Cívka 2	0	1	0	0
Cívka 3	0	0	1	0
Cívka 4	0	0	0	1

Obr. 3 Tabulka fází při unipolárním jednofázovém řízení





Je-li cívka 1 pod proudem, přitahuje červený konec rotoru (v tabulce označeno 1). Postupným spínáním jednotlivých vinutí cívek získáme rotační pohyb rotoru.



Obr. 4 Schéma unipolárního řízení

### 2.1.2 Unipolární řízení dvoufázové

U dvoufázového řízení generují souhlasně orientované magnetické pole dvě cívky vedle sebe. Dosáhneme tím většího kroutícího momentu za cenu dvojnásobné spotřeby elektrické energie

				
Cívka 1	1	0	0	1
Cívka 2	1	1	0	0
Cívka 3	0	1	1	0
Cívka 4	0	0	1	1

Obr. 5 Tabulka fází při unipolárním dvoufázovém řízení

Je-li cívka 1 a cívka 2 pod proudem, přitahují červený konec rotoru (v tabulce vyznačeno 1). Postupným spínáním jednotlivých dvojic vinutí cívek získáme rotační pohyb rotoru.

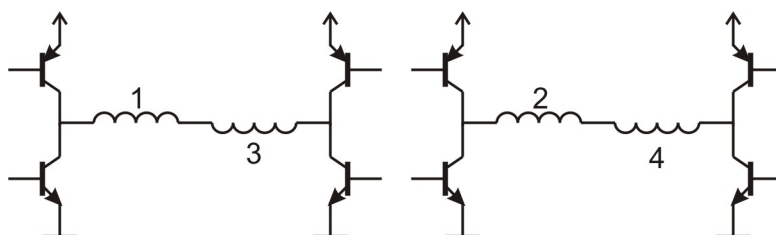
### 2.1.3 Bipolární řízení jednofázové

Při bipolárním řízení jednofázovým prochází proud v daný okamžik dvěma protilehlými cívkami. Jejich zapojení je uspořádáno tak, aby tvořily navzájem opačně orientované magnetické pole. Tento způsob dává větší krouticí moment, ale spotřeba elektrické energie se zvyšuje.

Cívka 1	1	0	1	0
Cívka 2	0	1	0	1
Cívka 3	1	0	1	0
Cívka 4	0	1	0	1

Obr. 6 Tabulka fází při bipolárním jednofázovém řízení

Cívka 1 přitahuje červený konec rotoru a cívka 3 přitahuje modrý konec rotoru (v tabulce zobrazeno 1 a 1). Postupným spínáním jednotlivých dvojic vinutí cívek získáme rotační pohyb rotoru.



Obr. 7 Schéma bipolárního řízení

### 2.1.4 Bipolární řízení dvoufázové

Při bipolárním dvoufázovém řízení generují shodně orientované magnetické pole dvě cívky vedle sebe a dvě protilehlé cívky tvořící k nim vzájemně opačně orientované magnetické pole. Tím dosáhneme ještě většího krouticího momentu za cenu dalšího nárustu spotřeby elektrické energie.

Cívka 1	1	1	1	1
Cívka 2	1	1	1	1
Cívka 3	1	1	1	1
Cívka 4	1	1	1	1

Obr. 8 Tabulka fází při bipolárním dvoufázovém řízení

Je-li cívka 1 a 2 pod proudem, tvoří magnetické pole, které přitáhne červený konec rotoru (v tabulce znázorněno 1). Současně jsou pod proudem také cívky 3 a 4, které tvoří opačně orientované magnetické pole (v tabulce označeno 1). Tím je přitáhnut modrý konec rotoru. Vhodnou posloupností spínání jednotlivých vinutí získáme rotační pohyb s velkým krouticím momentem.

### 2.1.5 Řízení s plným, polovičním krokem

Řízením s plným krokem dosáhneme jednoho otočení rotoru o  $360^\circ$  za počet kroků, které odpovídají počtu zubů rotoru daného motoru. Při polovičním kroku získáváme dvakrát větší přesnost. Je to kombinace střídání jednofázového a dvoufázového řízení. Dále pak je možno použít čtvrtinového kroku, osminového kroku a podobně. Zvyšujeme tím přesnost polohování krokových motorů.

Cívka 1	1	1	0	0	0	0	0	1
Cívka 2	0	1	1	1	0	0	0	0
Cívka 3	0	0	0	1	1	1	0	0
Cívka 4	0	0	0	0	0	1	1	1

Obr. 9 Tabulka fází při unipolárním řízení s polovičním krokem

### 3 PROGRAMOVATELNÉ AUTOMATY

Programovatelný automat je zařízení, u něhož je závislost výstupu na vstupu dána programem. Jeden automat můžeme proto použít pro tisíce různých aplikací. Je to řídicí systém navržený především pro průmyslové aplikace. Nejčastěji se označuje zkratkou PLC (Programmable Logic Controller). Můžeme je rozdělit dle několika hledisek. Každá skupina má svoje výhody a nevýhody, a je proto nutné u konkrétní aplikace dobře zvážit, po kterém typu PLC sáhneme. V laboratoři ústavu automatizace a informatiky jsou PLC Simatic S7-200 CPU 224XP od firmy Siemens, pro který v této práci vytváříme vzorové příklady.

Mezi hlavní přednosti PLC patří možnost rychlé realizace systému, spolehlivost, diagnostika a nekonečné změny zadání. Pro aplikaci je nutné navržení vhodných komponentů, jejich zapojení, vývoj a odladění řídicího programu. Implementovaná propracovaná vlastní diagnostika zaručuje stabilitu a bezpečnost systému. Možnost změny programu v průběhu používání je obrovskou výhodou. V praxi se málokdy pevně drží původního návrhu řešení problému. Naopak se často během odlaďování objevují nové skutečnosti, se kterými se v původním řešení nepočítalo, tudíž je nutné řídicí program upravit, nebo vlivem použití nové technologie pružně reagovat. Každá dodatečná změna však přináší komplikace a rizika, která jsou spojená se složitostí programu a jeho celkovou přehledností. U systémů s pevnou logikou, jako například reléové systémy, byla dodatečná změna často velkým a někdy i prakticky neřešitelným problémem.

#### 3.1 Dělení programovatelných automatů

Programovatelné automaty se vyrábějí v různých variantách. Podle velikosti je můžeme rozdělit do dvou základních skupin.

- ♦ Kompaktní PLC
- ♦ Modulární PLC

##### 3.1.1 Kompaktní PLC

Zástupci této skupiny jsou nejmenší a nejlevnější programovatelné automaty. Mají pevný počet vstupů i výstupů. Často obsahují LCD displej, pomocí kterého lze monitorovat stav programu a dokonce ho i celý naprogramovat. Obvykle nahrazují dřívější reléovou logiku různých strojů a mechanismů. K základnímu modulu je možno připojit jeden či více rozšiřujících modulů s pevným počtem a typem vstupů a výstupů. Jejich největší výhodou, ve srovnání s modulárními, je nižší přizovací cena. Do této skupiny patří například Simatic S7-200 firmy Siemens.



Obr. 10 Simatic S7-200 [4]

### 3.1.2 Modulární PLC

Modulární nebo také stavebnicové PLC se sestavují z jednotlivých modulů. Je tedy obrovská volnost a možnost sestavit individualně pro určitou aplikaci požadovanou konfiguraci vstupů, výstupů, komunikačních modulů a podobně. Počet modulů je volitelný. Mezi zástupce této skupiny patří například Simatic S7-400.



*Obr. 11 Simatic S7-400 [4]*

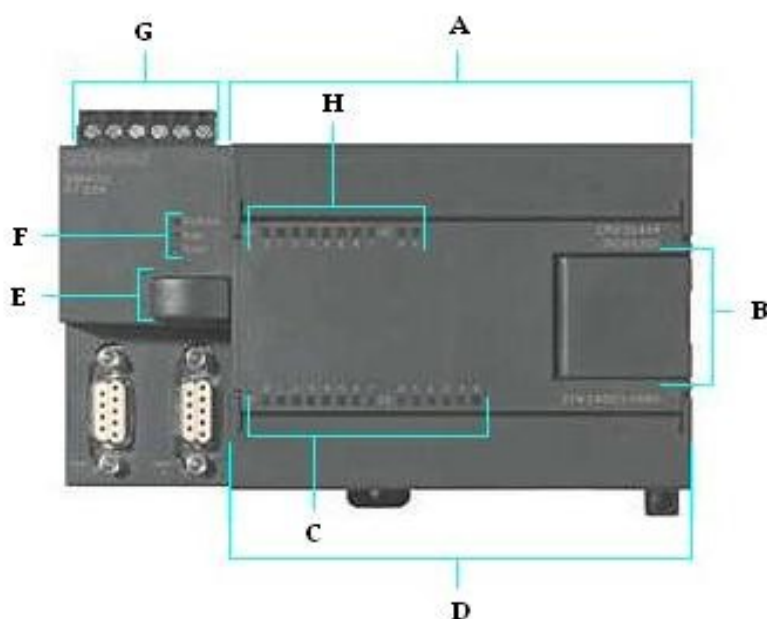
## 3.2 Programovatelný automat Siemens Simatic S7-200 CPU224XP

Série S7-200 spadá do kategorie malých kompaktních programovatelných automatů (mikro-PLC) určených k řízení v různých automatizačních aplikacích. Tvoří pomyslný stupeň mezi logickými moduly LOGO! a velkými řídicími systémy. Díky kompaktnímu designu, nízkým nákladům a výkonnému instrukčnímu souboru je S7-200 perfektním řešením pro řízení malých aplikací.

### 3.2.1 Popis

Při pohledu na čelní stranu vidíme dva konektory sloužící ke komunikaci, svorkovnici s analogovými vstupy / výstupy a indikační diody. Pod otevíracími kryty jsou další svorkovnice, konektor a přepínač. Rozmístění je naznačeno na obr. 12.

- ◆ 10 digitálních výstupů
- ◆ 1 analogový výstup
- ◆ 2 analogové potenciometry
- ◆ 2 komunikační porty RS-485
- ◆ 14 digitálních vstupů
- ◆ 2 analogové vstupy

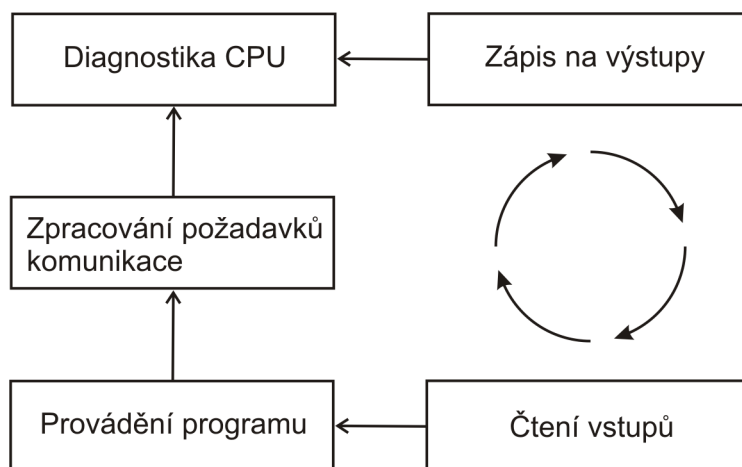


Obr. 12 Popis S7-200 CPU 224XP

- A svorkovnice digitálních výstupů a napájení pod otevíracím krytem
- B otevírací dvířka skrývající přepínač režimů, analogové potenciometry, konektor pro rozšiřující moduly
- C indikační diody vstupů
- D svorkovnice digitálních vstupů pod otevíracím krytem
- E konektor umístěný pod krytkou pro časový modul, bateriový modul, paměťový modul
- F stavové diody
- G svorkovnice analogových vstupů a výstupů
- H indikační diody výstupů

### 3.2.2 Vykonávání řídicího programu

Řídicí program je vykonáván v programovém cyklu. Provádění závisí na režimu, ve kterém se automat právě nachází. V režimu RUN programový cyklus probíhá. V režimu STOP je zastaven. Na obr. 13 je tento cyklus znázorněn.



Obr. 13 Programový cyklus automatu

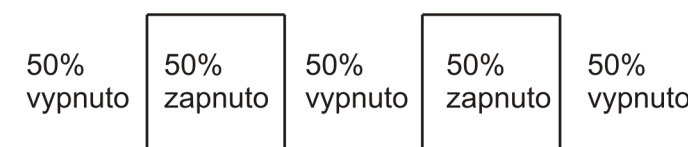
- ♦ Kopírování stavu fyzických vstupů do registru obrazu vstupů
- ♦ Provádění instrukcí programu a uložení hodnot do oblastí paměti
- ♦ Zpracování všech instrukcí požadovaných pro komunikaci
- ♦ Kontroluje zda všechny rozšiřovací moduly, paměť pro program a firmware funguje správně
- ♦ Zápis hodnot z registru obrazu výstupů na fyzické výstupy

### 3.2.3 Vysokorychlostní pulzní výstupy

Simatic S7 – 200 podporuje dva vysokorychlostní pulzní výstupy Q0.0 a Q0.1, které mohou generovat sérii rychlých výstupních pulzů PTO nebo pulzní šířkovou modulaci PWM.

Funkce PTO generuje obdélníkovou vlnu s 50% střídou a určitou frekvencí. Dokáže nejen generovat jednu sérii pulzů, ale také pulzní profil s více sériemi, kterého se využívá pro řízení krokových motorů.

Funkce PWM generuje vlnu s pevnou frekvencí pulzů, ale s různou šířkou pulzů a mezer. Perioda a šířka pulzů se udává v milisekundách nebo v mikrosekundách.



*Obr. 14 Pulzní výstup PTO*

## 3.3 Programovací prostředí

Tento automat se programuje pomocí programu STEP 7 – Micro/WIN. Jedná se o grafické prostředí s intuitivním ovládáním. Umožňuje programování v jazyku STL, Ladder diagramů, nebo funkčních bloků.

### 3.3.1 Vlastnosti STL editoru

- ♦ Je nejvhodnější pro zkušené programátory
- ♦ Umožňuje řešení i takových problémů, které nelze snadno řešit pomocí editorů LDR, FBD
- ♦ Editor STL je vždy možné použít na editaci programů z LDR a FBD editorů. Opačně je však možnost použití omezena.

### 3.3.2 Tabulka symbolů

Pro symbolické adresování lze použít tabulku symbolů. K těmto symbolům pak máme přístup z kteréhokoliv místa programu pomocí symbolických názvů. Někdy je tato tabulka také nazývána jako tabulka globálních proměnných. Pro přístup k tabulce klikneme na ikonu *Symbol Table*, potom zadáme jméno symbolu (například vstup1) do sloupce *Symbol*. Do kolonky *Address* vložíme adresu (například I0.0). Příklad takové tabulky je na obr. 15



více symbolů se stejnou adresou  
nepoužitý symbol  
symbolický název  
adresa  
komentář

	Symbol	Address	Comment
1	ENABLE	Q0.1	přechod z režimu spánku
2	RESET	Q0.2	reset
3	DIR	Q0.3	směr otáčení krokového motoru
4	CLOCK	Q0.0	krok, jeden impuls roven jednomu kroku
5	M1	Q0.5	nastavení způsobu krokování
6	M2	Q0.4	nastavení způsobu krokování
7	SYNC	Q0.6	snížení hluchosti motoru
8	PQZ	Q0.1	aktuální pozice

Obr. 15 Příklad tabulky symbolů

### 3.3.3 Instrukce časovače

Časovač zpožděného zapnutí TON a remanentní časovač zapnutí TONR odpočítávají čas od sepnutí vstupu. TONR je možno použít pro akumulaci více časových intervalů.

Časovač zpožděného vypnutí TOF se používá pro zpožděné vypnutí výstupu o pevně daný čas od rozepnutí vstupu.

Časovače Simatic mají tři rozlišení: 1ms, 10ms, 100ms. Jednotlivá čísla časovače udávají jejich rozlišení dle tabulky obr. 16.

Typ časovače	Odstranění	Maximální hodnota	Číslo časovače
TONR (remanentní)	1 ms	32,767 s	T0, T64
	10 ms	327,67 s	T1 až T4, T65 až T68
	100 ms	3276,7 s	T5 až T31, T69 až T95
TON, TOF	1 ms	32,767 s	T32, T96
	10 ms	327,67 s	T33 až T36, T97 až T100
	100 ms	3276,7 s	T37 až T63, T101 až T225

Obr. 16 Tabulka rozlišení časovačů

Příklad užití časovače: po přivedení impulsu na vstupu I0.0 bude po dobu 2 s zapnut výstup Q0.0. Po uplynutí této doby je výstup Q0.0 opět vypnut. Použijeme například časovač T33 s rozlišením 10 ms. Zadáme hodnotu 200, tedy 200 x 10 ms.

<b>Network 1</b> LD SM0.1 R T33, 1	při prvním cyklu se vyresetuje hodnota časovače T33
<b>Network 2</b> LD I0.0 S Q0.0 TON T33, 200	při načtení logické 1 na vstupu I0.0 se zapne časovač T33 s parametrem 2 s
<b>Network 3</b> LD T33 R Q0.0	po dosažení požadované hodnoty časovače T33 se vyresetuje výstup Q0.0

Obr. 17 Příklad použití časovače TON

### 3.3.4 Konfigurace vysokorychlostního výstupu pomocí průvodce polohováním

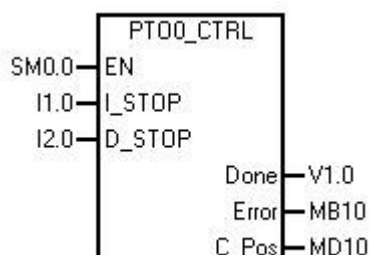
Pro spuštění průvodce klikneme na ikonu *Tools* v navigační liště a pak na ikonu *Position Control Wizard*.

1. Vybereme možnost *Configure the on board PTO/PWM operation for the S7-200 PLC*.
2. Vybereme výstup, který chceme konfigurovat, a klikneme na *Next*.
3. Zvolíme sérii lineárních pulzů *Linear Pulse Train Output (PTO)* z rozbalovacího dialogového okna a klikneme na *Next*.
4. Nastavíme maximální, rozjezdovou a dojezdovou rychlost krokového motoru do příslušných polí.
5. Zadáme dobu zrychlení a dobu zpomalení.
6. Definujeme nový pohybový profil tlačítkem *New Profile* a potvrzením *Ano*.
7. Vybereme profil relativní pohyby *Relative Position*. Zadáme cílovou rychlost a požadovaný počet kroků. Profil si můžeme graficky zobrazit tlačítkem *Plot Profile*.
8. Průvodce ukončíme klepnutím na tlačítko *Ok* → *Next* → *Finish* → *Ano*.

Průvodce vygeneruje čtyři podprogramy. Každá instrukce má prefix *PTOx\_*, kde *x* značí umístění modulu. Pro lepší názornost a pochopení je vše vysvětleno v instrukcích jazyku FBD.

Podprogram *PTOx\_CTRL* zapíná a inicializuje funkci PTO. Tento podprogram se použije v hlavním programu pouze jednou a je třeba zajistit jeho provedení při každém programovém cyklu.

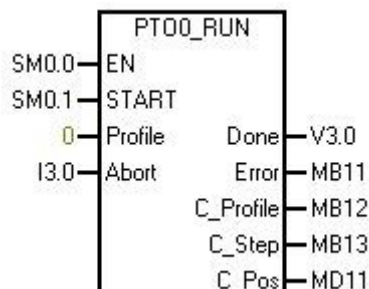
- ◆ *EN* vstup, povolení podprogramu, jako vstup použijeme SM0.0
- ◆ *I\_STOP* okamžité zastavení po přivedení logické 1 na tento vstup
- ◆ *D\_STOP* zpomalené zastavení po přivedení logické 1 na tento vstup
- ◆ *Done* booleovský výstup, když je nastaven na logickou 1 znamená to, že CPU provedl podprogram
- ◆ *Error* výstup, ukončení bez chyby nebo s chybou
- ◆ *C\_Pos* výstup obsahující aktuální polohu modulu jako počet pulzů pouze v případě, že je v průvodci zapnut HSC, jinak je stále poloha rovna 0



Obr. 18 Podprogram PTO0\_CTRL v jazyku FBD

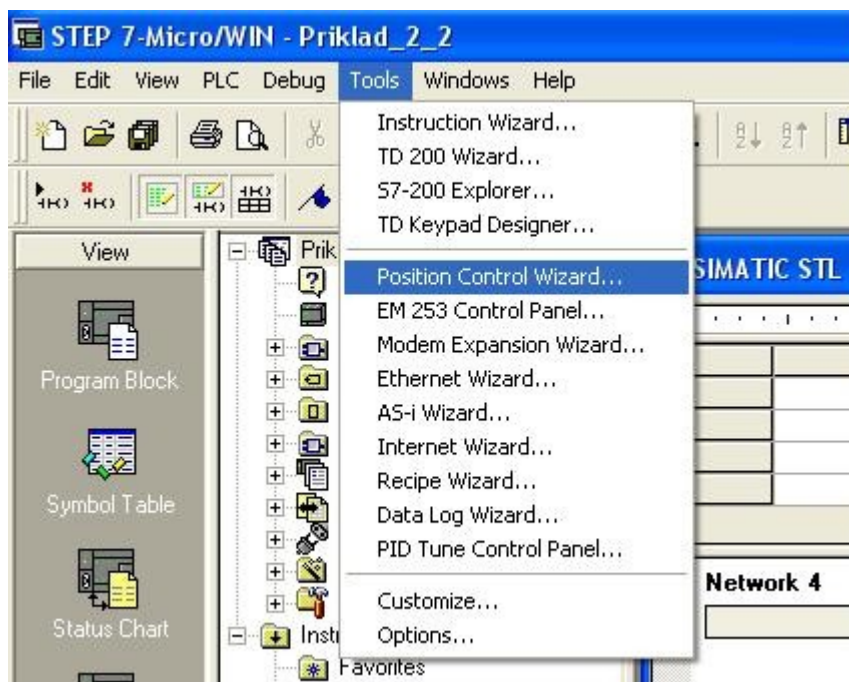
Podprogram PTOx\_RUN spustí pohyb podle konkrétního profilu.

- ♦ EN vstup, povolení podprogramu
- ♦ START vstup, inicializuje provedení příslušného profilu pohybu
- ♦ Profile číslo profilu
- ♦ Abort vstup, zrušení aktuálního profilu, zpomalení až do zastavení
- ♦ Done výstup, zapne se po dokončení instrukce
- ♦ Error obsahuje výsledek této instrukce
- ♦ C\_Profile obsahuje profil, který se právě provádí
- ♦ C\_Step obsahuje krok profilu, který se právě provádí
- ♦ C\_Pos výstup obsahující aktuální polohu modulu jako počet pulzů pouze v případě, že je v průvodci zapnut HSC, jinak je stále poloha rovna 0



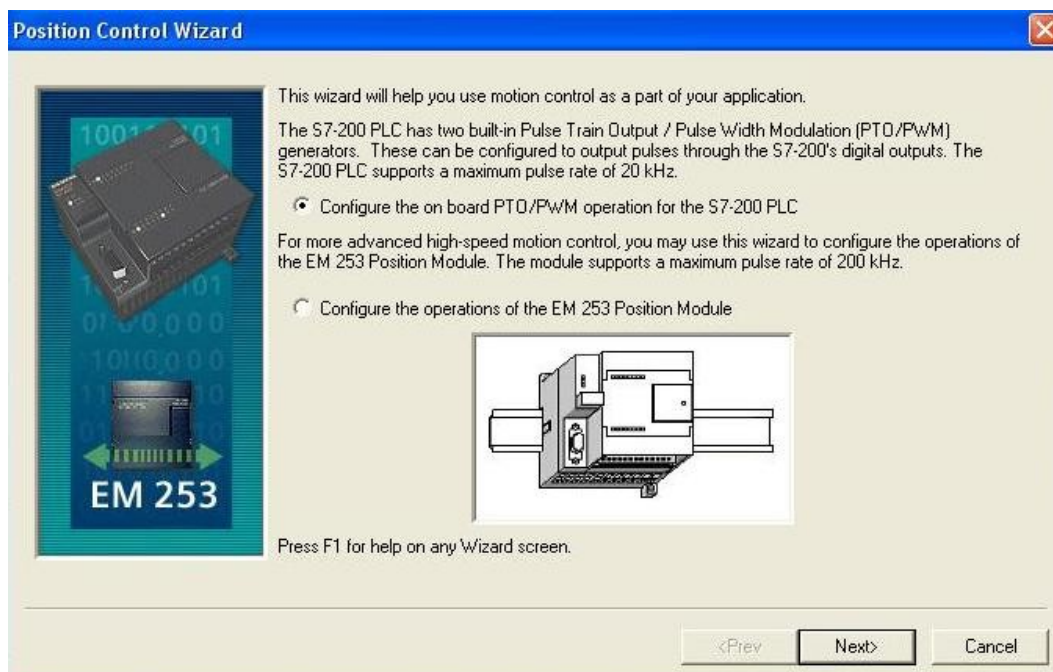
Obr. 19 Podprogram PTO0\_RUN v jazyku FBD

Spuštění průvodce polohováním



Obr. 20 Konfigurace PTO krok 1

Výběr konfigurace PTO/ PWM



Obr. 21 Konfigurace PTO krok 2

Zadání maximální rychlosti `max_speed`, rozjezdové a dojezdové rychlosti `ss_speed` do příslušných polí.

The screenshot shows the 'Pulse Output Wizard' dialog box with the 'Motor Speeds' section active. On the left, there is a graphic of a PLC unit with the text 'PTO/PWM'. The main area contains three input fields with spinners: 'What is the maximum motor speed for the application (MAX\_SPEED)?' set to 40000 pulses/s, 'With the value you have entered for MAX\_SPEED, the minimum speed (MIN\_SPEED) that can be specified in a motion profile is:' set to 50 pulses/s, and 'What is the Start/Stop Speed for the motor (SS\_SPEED)?' set to 50 pulses/s. A speed profile diagram on the right shows a trapezoidal shape with labels for MAX\_SPEED, SS\_SPEED, and MIN\_SPEED. At the bottom are '<Prev', 'Next>', and 'Cancel' buttons.

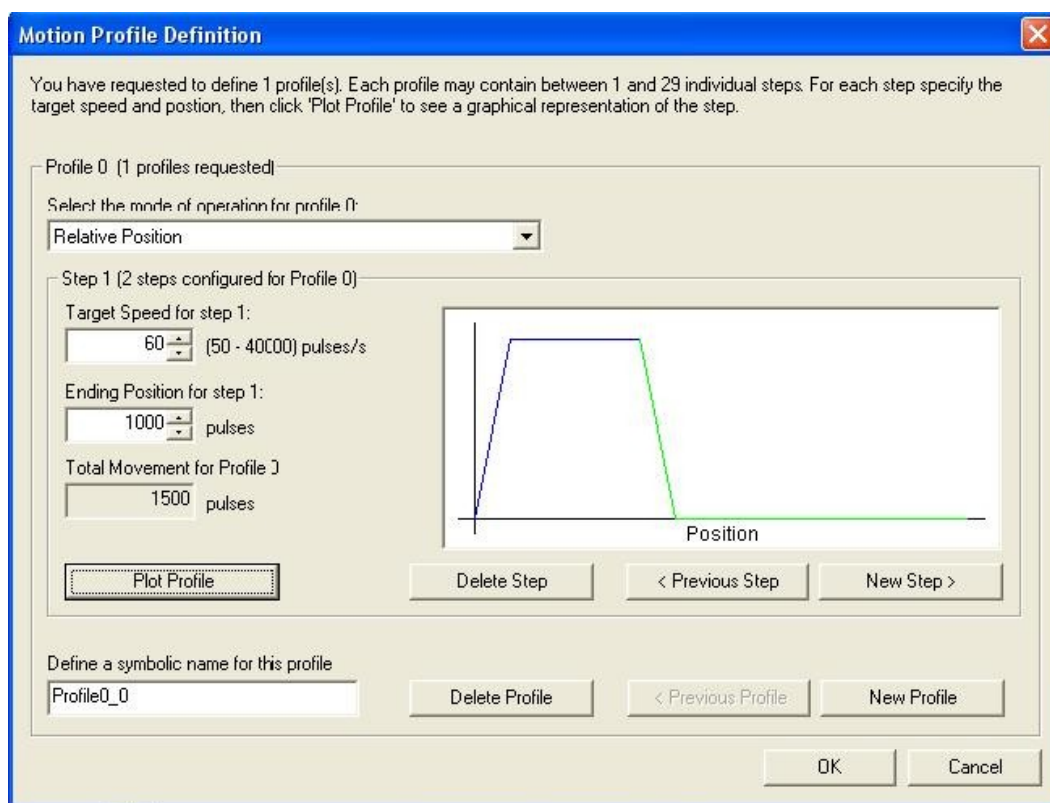
Obr. 22 Zadání hodnot rychlosti

Nastavení nejnižších hodnot času, které potřebuje krokový motor na zrychlení z nulové rychlosti na maximální rychlost (`accel_time`) a minimálního času, za který dokáže motor zpomalit z maximální rychlosti do nulové rychlosti (`decel_time`).

The screenshot shows the 'Pulse Output Wizard' dialog box with the 'Acceleration and Deceleration Times' section active. On the left, there is a graphic of a PLC unit with the text 'PTO/PWM'. The main area contains two input fields with spinners: 'How much time is required for the motor to accelerate from SS\_SPEED to MAX\_SPEED (ACCEL\_TIME)?' set to 1000 ms, and 'How much time is required for the motor to decelerate from MAX\_SPEED to SS\_SPEED (DECEL\_TIME)?' set to 1000 ms. A speed profile diagram on the right shows a trapezoidal shape with labels for MAX\_SPEED, SS\_SPEED, ACCEL\_TIME, and DECEL\_TIME. At the bottom are '<Prev', 'Next>', and 'Cancel' buttons.

Obr. 23 Zadání hodnoty času zrychlení a zpomalení

Zadání nového profilu pohybu: klepnutím na tlačítko *New Profile* vytvoříme nový profil. Zadáme požadovanou maximální rychlost a počet pulzů, které se mají touto rychlostí vykonat. Aktuální profil můžeme zobrazit tlačítkem *Plot Profile*. Chceme-li zadat další krok tohoto profilu, stiskneme tlačítko *New Step* a opět zadáme požadovanou rychlost a počet kroků. Pokud chceme konfigurovat další profil, zmáčkneme opět tlačítko *New Profile* a zadáme hodnoty rychlosti a počet kroků. Takto pokračujeme, dokud nepopíšeme celý požadovaný pohyb. Na závěr vše potvrdíme tlačítkem *OK*.

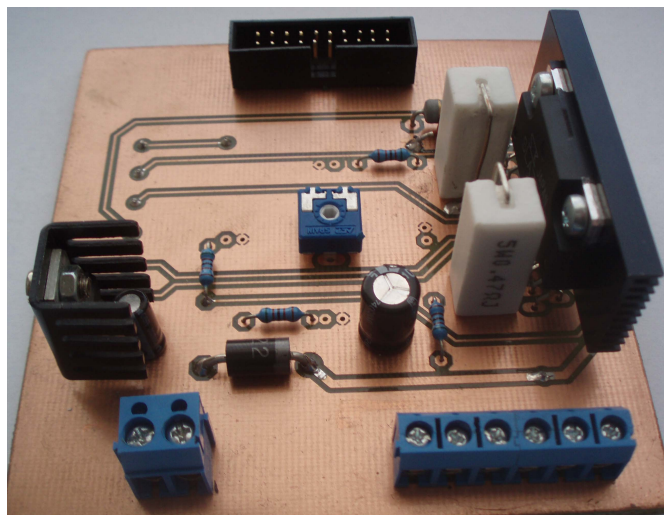


Obr. 24 Zadání profilu pohybu



## 4 MODUL PRO ŘÍZENÍ KROKOVÝCH MOTORŮ

Pro připojení krokového motoru k PLC bylo nutné navrhnout a vyrobit vhodnou elektroniku. Jako výchozí prvek byl zvolen integrovaný obvod SLA 7062M, který je speciálně vyroben pro unipolární řízení krokových motorů. Bylo nutné sestavit schéma zapojení, překreslit do grafického programu Eagle a následně navrhnout vhodně desku plošného spoje. Snahou bylo vytvořit jednostranný plošný spoj. Složitost propojení vodivých cest však vedla k výrobě desky oboustranné.



*Obr. 25 Horní strana osazeného plošného spoje*

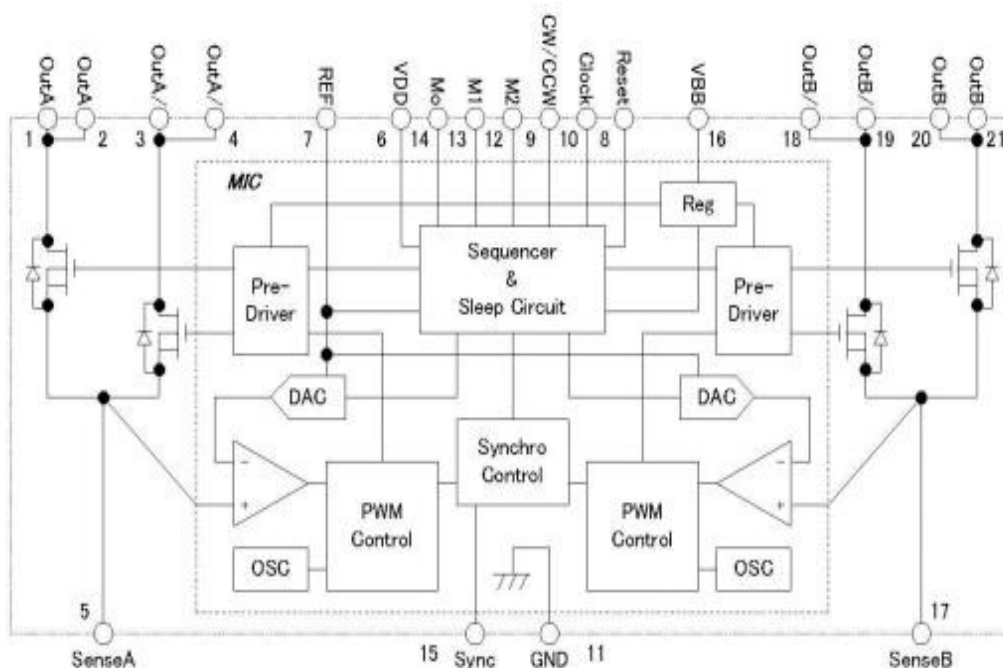
### 4.1 Popis

Celý modul je umístěn do plastové krabičky WEB-B8 s možností připevnění na DIN lištu. Má 8 vstupů a 6 výstupů. V původním návrhu řešení se počítalo s osazením čtyř LED diod jako indikace právě probíhající fáze. Po osazení a oživení modulu se však ukázalo, že funkce těchto diod je nepřehledná, a proto nakonec nebyly osazeny.

- ◆ M1                    zvolení způsobu krokování
- ◆ M2                    zvolení způsobu krokování
- ◆ SYNC                snížení hlučnosti motoru v případě, že se neotáčí a působí na něj kroutící moment
- ◆ CLOCK              vstup řídicího impulsu
- ◆ DIR                  řízení směru otáčení
- ◆ ENABLE            přechod z režimu spánku do stavu činnosti
- ◆ RESET              okamžité zastavení motoru
- ◆ VBB                  napájení
- ◆ GND                zemění
- ◆ OUTA                výstup na cívku motoru
- ◆ OUTA/              výstup na cívku motoru
- ◆ OUTB                výstup na cívku motoru
- ◆ OUTB/              výstup na cívku motoru
- ◆ +24V                2x pro napájení krokových motorů



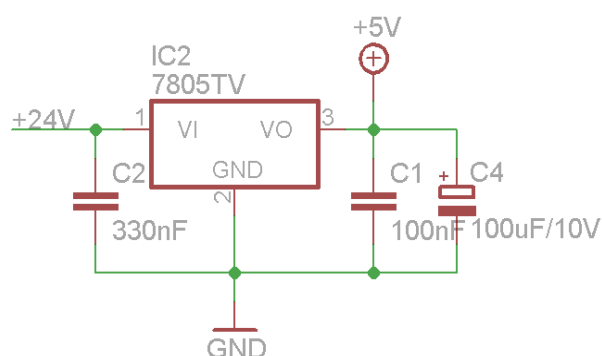




Obr. 28 Blokové schéma zapojení [7]

#### 4.1.2 Stabilizátor napětí

Bylo nutné získat stabilní zdroj 5 V. Jako vhodné řešení se nabízelo použití integrovaného stabilizátoru napětí. Je vyráběno několik řad s různým maximálním výstupním proudem a výstupním napětím. Také se rozlišují různé tvary pouzder pro klasickou i SMD montáž. V tomto případě byl zvolen stabilizátor 7805-STM v pouzdře TO-220 s maximálním výstupním proudem 1,5 A. Pro správnou funkci je třeba stabilizátor doplnit o blokovací kondenzátory. Doporučené hodnoty a schéma zapojení bylo zvoleno dle katalogového listu výrobce. Napájení před stabilizátorem je chráněno 3 A usměrňovací diodou 1N5822, aby nemohlo dojít k prepólování.



Obr. 29 Schéma zapojení stabilizátoru

#### 4.1.3 Odporový dělič napětí

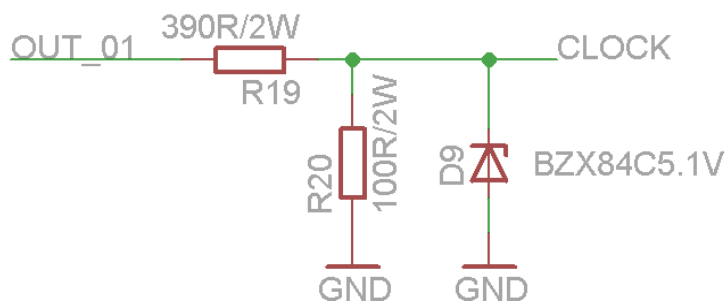
Použití stabilizátoru není možné u vstupu clock. Přivedením jednoho impulsu na tento vstup dochází k otočení krokového motoru právě o jeden úsek odpovídající zvolenému krokování. Pracujeme zde tedy s vyšší frekvencí. Jako vhodné řešení se ukázalo použití odporového děliče napětí

doplněného o ochrannou zenerovu diodu. Měřením bylo zjištěno, že tento způsob získání 5 V funguje spolehlivě do frekvence 40 kHz. Tato varianta byla použita i u ostatních logických vstupů, především z důvodu menších konstrukčních rozměrů, než při použití stabilizátorů napětí. Výpočet jednotlivých hodnot rezistorů vychází ze vztahu obr. 30, kde jednotlivé symboly mají význam dle seznamu. Zapojení odpovídá obr. 31.

- ♦  $U_2$       výstupní napětí
- ♦  $R_1$       rezistor R19 ve schématu
- ♦  $R_2$       rezistor R20 ve schématu
- ♦  $U$         vstupní napětí

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U$$

Obr. 30 Vztah pro výpočet hodnot rezistorů děliče



Obr. 31 Schéma odporového děliče napětí

## 5 UKÁZKOVÉ ÚLOHY

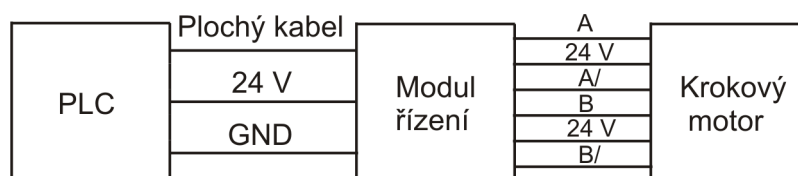
Jedním z cílů této bakalářské práce je vytvoření názorných laboratorních úloh pro seznámení studentů s funkcí a ovládáním krokových motorů pomocí PLC. V praxi mají tyto motory široké uplatnění od různých kancelářských strojů (například tiskárny, kopírky), až po obráběcí stroje. Řešené úlohy mají vzestupnou obtížnost pro postupné ponoření do problému řízení. Zdrojové kódy napsané pro jednotlivé příklady jsou jednou z mnoha možností naprogramování.

### 5.1 Pohon supportu soustruhu 1

Cílem úlohy je demonstrovat jednoduché řízení krokových motorů pomocí PLC Siemens Simatic S7-200 CPU224XP. Studenti si vyzkouší naprogramovat jednoduchý pohyb krokového motoru.

#### 5.1.1 Zadání

Navrhněte a realizujte řízení krokového motoru jako pohonu supportu soustruhu pomocí programovatelného automatu Siemens Simatic S7-200. Support udělá pohyb z výchozí polohy směrem vlevo po dobu 15s.



Obr. 32 Schéma zapojení

#### 5.1.2 Popis funkce

Použitý modul má 8 vstupů, 6 výstupů a napájení. Pomocí plochého kabelu jsou propojeny vstupy modulu s výstupy PLC dle tabulky obr. 33

Q 0.6	Sync	Snížení hlučnosti motoru v případě, že stojí a působí na něj krouťící moment.
Q 0.5	M1	Kombinací M1 a M2 se nastavuje způsob krokování
Q 0.4	M2	Kombinací M1 a M2 se nastavuje způsob krokování
Q 0.1	Enable	Přechod z režimu spánku do stavu činnosti
Q 0.0	Clock	Jeden impuls je roven otočení o jeden úsek odpovídající způsobu krokování
Q 0.3	Dir	Směr otáčení krokového motoru
Q0.2	Reset	Okamžité zastavení

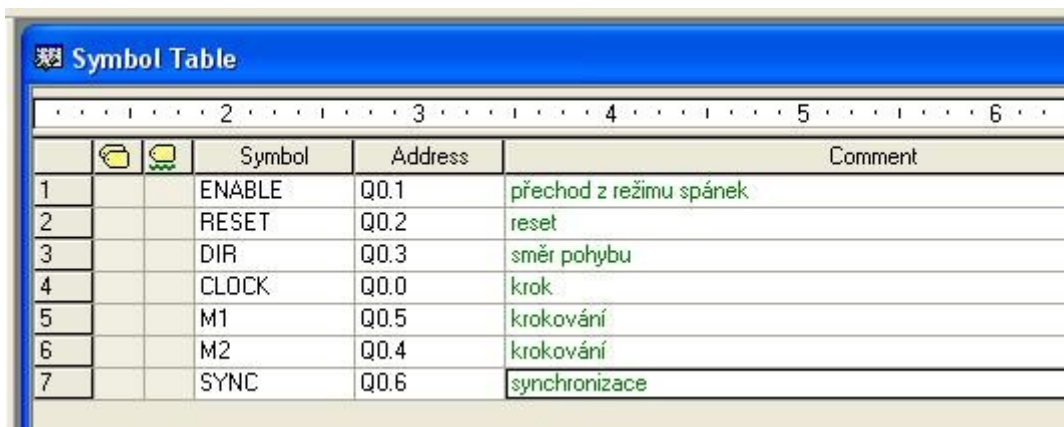
Obr. 33 Přiřazení výstupů z PLC

MAX_SPEED	40 000 pulzů/s
SS_SPEED	50 pulzů/s
ACCEL_TIME	1000 ms
DECEL_TIME	1000 ms

Obr. 34 Hodnoty parametrů korokového motoru

### 5.1.3 Řešení

Pro jednoduché ovládání krokového motoru v tomto příkladě použijeme generování signálu pomocí dvou časovačů, kde jeden určuje vzestupnou hranu a druhý sestupnou hranu signálu. Kombinací vstupů M1 a M2 nastavujeme požadovaný způsob krokování, jak je zřejmé dle tabulky obr. 27. Směr otáčení se nastavuje pomocí vstupu dir. Když na tento vstup přivedeme logickou jedničku, support se pohybuje zprava doleva. V případě logické nuly je tomu naopak.



	Symbol	Address	Comment
1	ENABLE	Q0.1	přechod z režimu spánku
2	RESET	Q0.2	reset
3	DIR	Q0.3	směr pohybu
4	CLOCK	Q0.0	krok
5	M1	Q0.5	krokování
6	M2	Q0.4	krokování
7	SYNC	Q0.6	synchronizace

Obr. 35 Tabulka symbolů

Program v jazyku STL

```

Network 1
LD    SM0.1           //při prvním cyklu
S      M1, 1           //nastavení krokování
S      M2, 1           //nastavení krokování
R      RESET, 1        //vynulování reset
S      ENABLE, 1       //povolení přechodu z režimu spánku
R      T32, 1          //reset časovače T32
R      T96, 1          //reset časovače T96
R      T63, 1          //reset časovače T63
R      DIR, 1          //nastavení směru pohybu vlevo
S      SYNC, 1         //zapnutí snížení hluchnosti motoru

```

**Network 2**

```
LD    SM0.0
TON   T32, 1
TON   T63, 20
//spuštění časovačů
```

**Network 3**

```
LD    T32
S      CLOCK, 1
S      TON   T96, 1
//jakmile uplyne nastavený čas, spustí se druhý časovač
a současně pošle impuls na výstup Q0.0
```

**Network 4**

```
LD    T96
R      CLOCK, 1
R      T32, 1
R      T96, 1
//po doběhnutí nastaveného času druhého
časovače se pošle logická nula na výstup
Q0.0, oba časovače se vynulují
```

**Network 5**

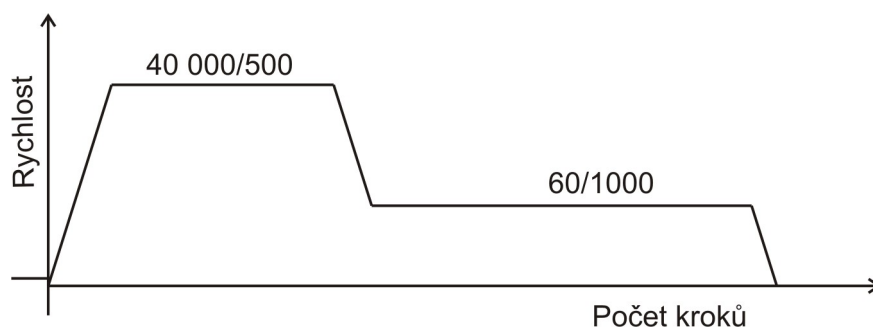
```
LD    T63
R      ENABLE1, 1
//dokud neuběhne nastavený čas, je na
vstupu ENABLE logická jednička
a krokový motor je v pohybu
```

**5.2 Pohon supportu soustruhu 2**

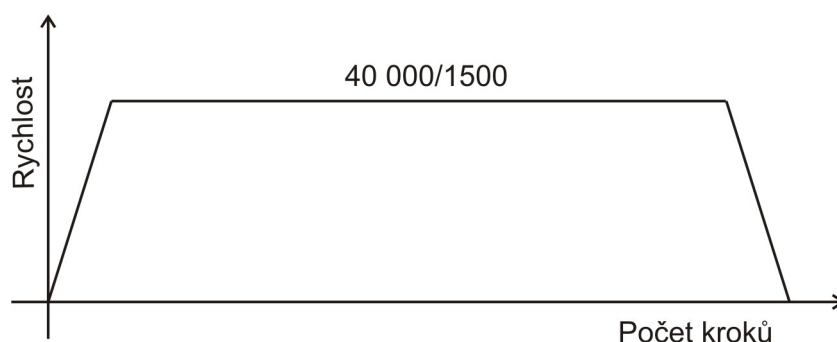
Ukázka jednoduchého použití průvodce řízením krokových motorů integrovaného v prostředí STEP 7 – Micro/WIN

**5.2.1 Zadání**

Navrhněte a realizujte řízení krokového motoru jako pohonu supportu soustruhu pomocí programovatelného automatu Siemens Simatic S7-200 CPU224XP. Support udělá pohyb vpravo dle diagramu (obr. 36), poté zpět do výchozí polohy vlevo dle diagramu (obr. 37). U jednotlivých kroků jsou v diagramu naznačeny hodnoty rychlost / počet kroků.



Obr. 36 Profil pohybu vpravo



Obr. 37 Profil pohybu vlevo

### 5.2.2 Popis funkce

Obdélníkové impulsy pro vstup clock v tomto příkladě již nebudou generovány pomocí dvou časovačů. K jejich generování využijeme vysokorychlostního pulzního výstupu PTO. K nastavení PTO využijeme integrovaného průvodce polohováním.

### 5.2.3 Řešení

Nadefinujeme tabulku symbolů stejně jako v příkladě 1 (obr. 35). Spustíme průvodce polohováním kliknutím na *Tools* → *Position Control Wizard*. a doplníme MAX\_SPEED, SS\_SPEED, ACCEL\_TIME, DECEL\_TIME podle obr. 34. Profil pohybu nastavíme dle zadání. Pro vložení následujícího kroku vždy klikeme na tlačítko *New Step* a zadáme příslušné parametry. Průvodce nám vygeneroval tři podprogramy: PTO0\_CTRL, PTO0\_RUN, PTO0\_MAN.

PTO\_CTRL použijeme pouze jednou a musíme zajistit, aby byl proveden v každém programovém cyklu (zapíná a inicializuje výstup PTO).

PTO\_RUN slouží ke spuštění provedení konkrétního profilu pohybu.

PTO\_MAN slouží k manuálnímu pohybu krokovým motorem. Dokud je povolen manuální režim, není možné využít režim automatický.

Program v jazyku STL

#### Network 1

```
LD    SM0.1      //při prvním cyklu
R     DIR, 1      //nastavení směru pohybu vlevo
S     M1, 1       //nastavení krokovaní
R     M2, 1       //nastavení krokovaní
R     RESET, 1    //vynulování reset
S     SYNC, 1     //zapnutí snížení hluchnosti motoru
S     ENABLE, 1   //povolení přechodu z režimu spánku
```

#### Network 2

```
LD    SM0.0      //provede se při každém programovém cyklu
CALL  PTO0_CTRL, I1.2, I1.0, V1.0, MB10, MD10
```

//volání podprogramu, zapnutí a inicializace PTO s parametry

//call, název podprogramu, parametr1 vstup, parametr2 vstup, parametr3 výstup, parametr4 výstup

**Network 3**

CALL PTO0\_RUN, SM0.1, 0, I3.0, V2.0, MB11, MB12, MB13, MD11

//volání podprogramu, spuštění profilu 0 s parametry

//call, číslo podprogramu, parametr1 vstup, parametr2 vstup, parametr3

výstup, parametr4 výstup

**Network 4**

LD V2.0 //když je dokončen pohyb profilu 0

S DIR, 1 //nastavení směru pohybu doprava

CALL PTO0\_RUN, SM0.0, 1, I3.0, V3.0, MB14, MB15, MB16, MD12

//volání podprogramu spuštění profilu 1 s parametry

//call, název podprogramu, parametr1 vstup, parametr2 vstup, parametr3 výstup,

parametr4 výstup

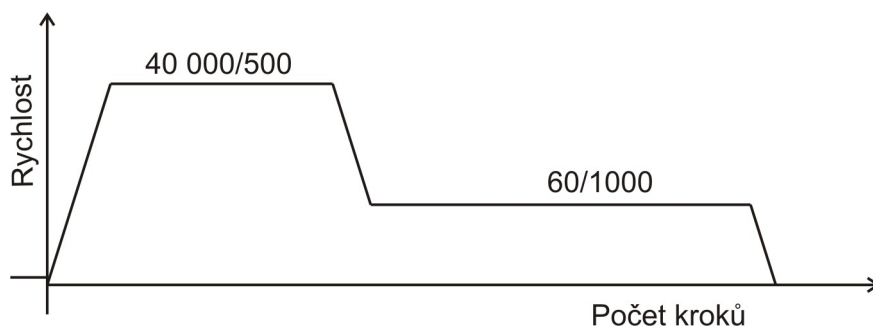
### 5.3 Pohon supportu soustruhu 3

Cílem úlohy je seznámit studenty s programováním členitého pohybu krokového motoru s využitím různé rychlosti a mikrokrokování.

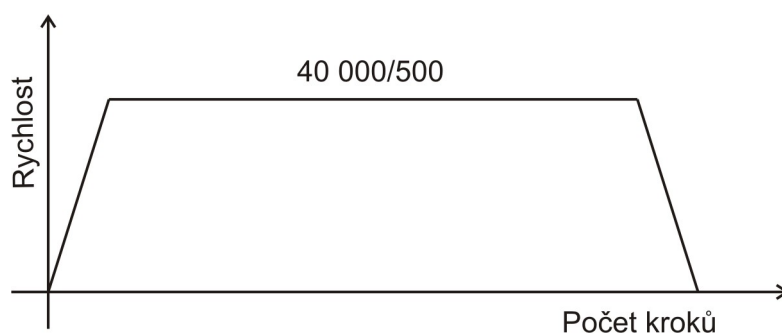
#### 5.3.1 Zadání

Navrhněte a realizujte řízení krokového motoru jako pohonu supportu soustruhu pomocí programovatelného automatu Siemens Simatic S7-200 CPU224XP. Motor udělá pohyb dle daných časových diagramů. Profil pohybu vpravo 2 a profil pohybu vlevo 2 bude proveden s šestnáctinovým mikrokrokováním. Rychlost jednotlivých kroků je zadána poměrem rychlost / počet kroků.

Pohyb s nejdelším krokem

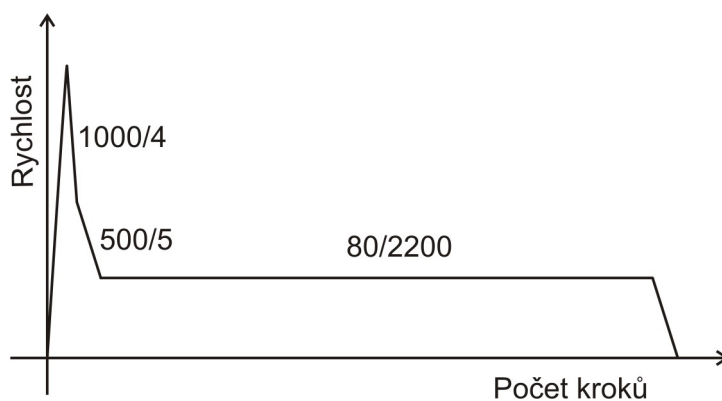


Obr. 38 Profil pohybu vpravo 1

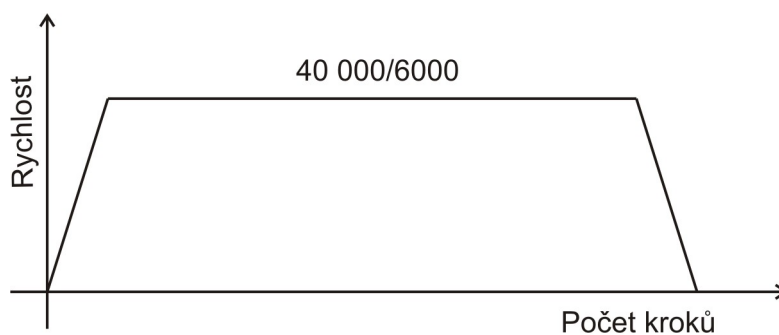


Obr. 39 Profil pohybu vlevo 1

Pohyb s nejkratším krokem



Obr. 40 Profil pohybu vpravo 2



Obr. 41 Profil pohybu vlevo 2

### 5.3.2 Popis funkce

Stejně jako v příkladě pohon supportu soustruhu 2 použijeme pro naprogramování dráhy pohybu integrovaného průvodce. Jedná se již o složitější pohyb s využitím různých rychlostí pohybu a užitím funkce mikrokrokování.



### 5.3.3 Řešení

Nadefinujeme tabulku symbolů stejně jako v příkladě 1 a 2 (obr. 35). Spustíme průvodce polohováním kliknutím na *Tools* → *Position Control Wizard*. a doplníme MAX\_SPEED, SS\_SPEED, ACCEL\_TIME, DECEL\_TIME podle tabulky obr. 34. Profil pohybu nastavíme dle zadání. Pro vložení následujícího kroku klikeme vždy na tlačítko *New Step* a zadáme příslušné parametry. Pro vložení nového profilu stiskneme tlačítko *New Profile*. Průvodce nám vygeneruje tři podprogramy: PTO0\_CTRL, PTO0\_RUN, PTO0\_MAN.

PTO\_CTRL použijeme pouze jednou a musíme zajistit, aby byl proveden v každém programovém cyklu (zapíná a inicializuje výstup PTO).

PTO\_RUN slouží ke spuštění provedení konkrétního profilu pohybu.

PTO\_MAN slouží k manuálnímu pohybu krokovým motorem. Dokud je manuální režim povolen, nelze využít režim automatický.

Pro první dva profily pohybu, pohyb doprava a zpět, použijeme dle zadání největší krok, tedy půlkrok. Tomu odpovídá nastavení vstupů M1 logická 1 a M2 logická 0. Pro druhou dvojici profilů použijeme nejmenší krok. Nastavení šestnáctinového kroku odpovídá M1 i M2 logické nule. Hodnoty vstupů M1 a M2 vychází z tabulky obr. 27.

Program v jazyku STL

#### Network1

```
LD    SM0.1           //při prvním cyklu
R     DIR, 1           //nastavení směru pohybu doleva
S     M1, 1            //nastavení krokování
R     M2, 1            //nastavení krokování
R     RESET, 1         //vynulování reset
S     ENABLE, 1        //povolení přechodu z režimu spánku
R     SYNC, 1          //zapnutí snížení hluchnosti motoru
```

#### Network 2

```
LD    SM0.0
CALL  PTO0_CTRL, I1.0, I2.0, V1.0, MB10, MD10
```

```
//volání podprogramu zapnutí a inicializace PTO
//parametry call, název podprogramu, okamžitý stop,
//zpomalený stop, dokončení profilu, error, pozice
```

#### Network 3

```
LD    SM0.0
CALL  PTO0_RUN, SM0.1, 0, I3.0, V2.0, MB11, MB12, MB13, MD11
```

```
//volání podprogramu, spuštění profilu 0 s parametry
//call, název podprogramu, parametr start, číslo profilu, zrušení pohybu,
//error, profil, který právě automat provádí, krok profilu, který se právě
//provádí, aktuální poloha jako počet pulzů, pokud byl v průvodci zapnut
//HSC jinak je stále rovna 0
```

**Network 4**

```
LD    V2.0           //když je dokončen pohyb profilu 0
S      DIR, 1         //nastavení směru pohybu doprava
LD    SM0.0
CALL  PTO0_RUN, V2.0, 1, I3.0, V3.0, MB14, MB15, MB16, MD12
```

//volání podprogramu spuštění profilu 1

**Network 5**

```
LD    V3.0           //když je dokončen pohyb profilu 1
R      DIR, 1         //nastavení směru pohybu doleva
EU
R      M1, 1          //nastavení mikrokrokování
R      M2, 1          //nastavení mikrokrokování
LD    SM0.0
CALL  PTO0_RUN, V3.0, 2, I3.0, V4.0, MB20, MB21, MB22, MD20
//volání podprogramu spuštění profilu 2
```

**Network 6**

```
LD    V4.0           //když je dokončen pohyb profilu 2
AN    V5.0           //a nebyl ještě proveden profil 3
S      DIR, 1         //nastavení směru pohybu doprava
LD    SM0.0
CALL  PTO0_RUN, V4.0, 3, I0.3, V5.0, MB18, MB19, MB20, MD18
//volání podprogramu spuštění profilu 3
```

## 6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo seznámit se s krokovými motory a programovatelnými automaty, především pak s automatem Simatic S7-200 CPU224XP, navrhnout a vyrobit vhodnou elektroniku pro připojení krokových motorů k PLC a vytvořit tři ukázkové laboratorní úlohy.

Úvodní část pojednává o významu a použití krokových motorů a programovatelných automatů.

Druhá kapitola se věnuje krokovým motorům, principu jejich funkce, popisu a možnostem jejich řízení.

V další kapitole jsou popsány programovatelné automaty, princip jejich funkce, dělení a výhody či nevýhody jednotlivých skupin. Dále je zde část věnovaná programovatelnému automatu Simatic S7-200 CPU 224XP, jeho začlenění do skupin PLC, oblast použití, popis a princip vykonávání řídicího programu, popis programovacího prostředí a možnosti použití programovacích jazyků. V návaznosti na ukázkové úlohy se tato kapitola dále věnuje instrukci časovače, rozdělení časovačů s příkladem použití. Pro řízení krokových motorů využíváme integrované funkce vyskorychlostních pulzních výstupů, které jsou zde popsány, včetně podrobného návodu na jejich konfiguraci.

Čtvrtá kapitola je zaměřena na vývoj a výrobu modulu pro připojení krokových motorů k PLC. Popis jednotlivých vstupů a výstupů je doplněn o obrázky. Dále je uvedeno schéma použitého řešení, informace o jednotlivých součástech a jejich zapojení.

Poslední kapitola je věnována třem demonstračním úlohám, které jsou seřazeny vzestupně podle obtížnosti. Vychází z teorie probrané ve třetí kapitole.

První úloha je zaměřena na pochopení principu jednoduchého ovládání krokových motorů, jedná se o naprogramování pohybu jedním směrem. Úloha je založena na použití časovačů ke generování výstupních pulzů.

Druhá úloha již využívá průvodce polohováním integrovaného do programu Step 7 – Micro/Win, také simuluje pohon supportu soustruhu. Pohyb je popsán pomocí diagramu pohybu pro každý směr pohybu zvlášť. Úkolem je naprogramovat pohyb skládající se z několika částí o různé rychlosti a délce kroků.

Poslední úkol je také o simulaci pohybu supportu soustruhu. Jedná se však o členitější dráhu s využitím funkce mikrokrokování integrované do řídicího modulu. Jde o rozšíření použití průvodce polohováním o více kroků a profilů.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Šmejkal, L., Martinásková, M., PLC a automatizace, Praha: BEN, 1999.
- [2] SIMATIC. *Programovatelný automat S7-200*. Systémový manuál. [dokument pdf]. Siemens. 26. červenec 2004 [cit 18. dubna 2009].  
Dostupné na WWW: <http://www1.siemens.cz/ad/current/file.php?fh=fa7c019ab4&aid=993531>
- [3] ŘEZÁČ, Kamil. *robotika.cz* [online]. 2002, říjen [cit. 10. března 2009].  
Dostupné na WWW: <http://robotika.cz/articles/steppers/cs>
- [4] SIEMENS. *Image Database* [online]. [cit. 18. dubna 2009].  
Dostupné na WWW: <https://www.automation.siemens.com/bilddb/guiwelcome.asp?lang=en>
- [5] THOMSON. *7805-STM datasheet* [online]. [cit 28. dubna 2009].  
Dostupné na WWW: [http://www.gme.cz/\\_dokumentace/dokumenty/330/330-149/dsh.330-149.1.pdf](http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/330/330-149/dsh.330-149.1.pdf)
- [6] *Dělič napětí*. [online]. poslední úprava 6. května 2009 [cit 15. března 2009].  
Dostupné na WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bli%C4%8D\\_nap%C4%9Bt%C3%AD](http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bli%C4%8D_nap%C4%9Bt%C3%AD)
- [7] ALLEGRO. *SLA7062M datasheet* [online]. [cit 15. března 2009].  
Dostupné na WWW: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/allegromicrosystems/97060.pdf>  
<http://www1.siemens.cz/ad/current/file.php?fh=fa7c019ab4&aid=993531>

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 - Schéma zapojení

Příloha č. 2 - Návrh plošného spoje

Příloha č. 3 - Přiložený datový nosič CD-R obsahující tento dokumen v elektronické podobě